

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ, СОЕДИНЕННОЙ ТРЕУГОЛЬНИКОМ

**Цель работы.** Расширение практических навыков исследования трехфазных цепей; измерение напряжений, токов, мощности при симметричной и несимметричной нагрузке, соединенной треугольником.

### Пояснения к работе

При соединении трехфазной цепи треугольником (рис. 9.1) линейное напряжение равно фазному, а линейный ток равен разности фазных токов, например:  $\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$ . В частном случае, когда цепь симметрична,  $I_L = \sqrt{3} I_\Phi$ .

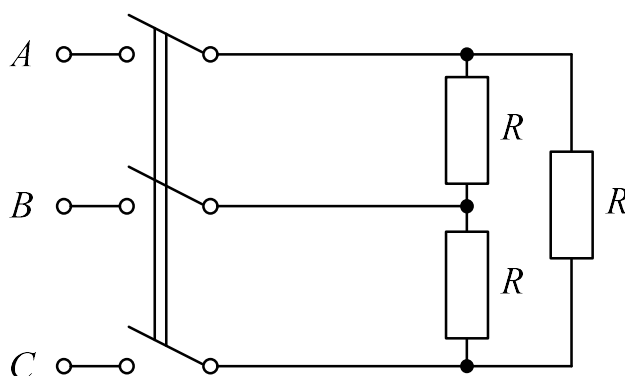


Рис. 9.1

Измерение активной мощности трехфазной симметричной цепи можно произвести, измерив мощность одной фазы  $P_\Phi$ . Мощность всей цепи определится из равенства  $P = 3P_\Phi$ . В несимметричных трехфазных цепях без нулевого провода мощность может быть измерена с помощью двух ваттметров (рис. 9.2). Мощность всей цепи  $P_{\text{ОП}} = P_1 + P_2$ , где  $P_1$  и  $P_2$  – показания первого и второго ваттметров. При расчете:

$$P_{\text{РАСЧ}} = U_{AB} I_{AB} \cos \varphi_{AB} + U_{BC} I_{BC} \cos \varphi_{BC} + U_{CA} I_{CA} \cos \varphi_{CA}.$$

### Схема электрической цепи

В работе проводится исследование цепи, схема которой показана на рис. 9.2. Питание цепи осуществляется от трех источников синусоидального напряжения частотой 50 Гц. Действующие значения ЭДС этих источников одинаковы, а их фазы отличаются на  $120^\circ$ , так что напряжения образуют симметричную систему прямой последовательности. Зна-

чения ЭДС и параметров нагрузки, соответствующие варианту цепи, приведены в табл. 9.1.

С помощью ключей  $K_1 \div K_4$ , номера управляющих клавиш которых соответствуют их индексам (на схеме указаны в квадратных скобках), можно изменять характер нагрузки в фазе  $AB$ . Для изменения активного сопротивления фазы  $AB$  следует после двойного щелчка левой кнопкой мыши, когда курсор находится на символе этого сопротивления в схеме, вдвое уменьшить или увеличить значение сопротивления по сравнению с табличным.

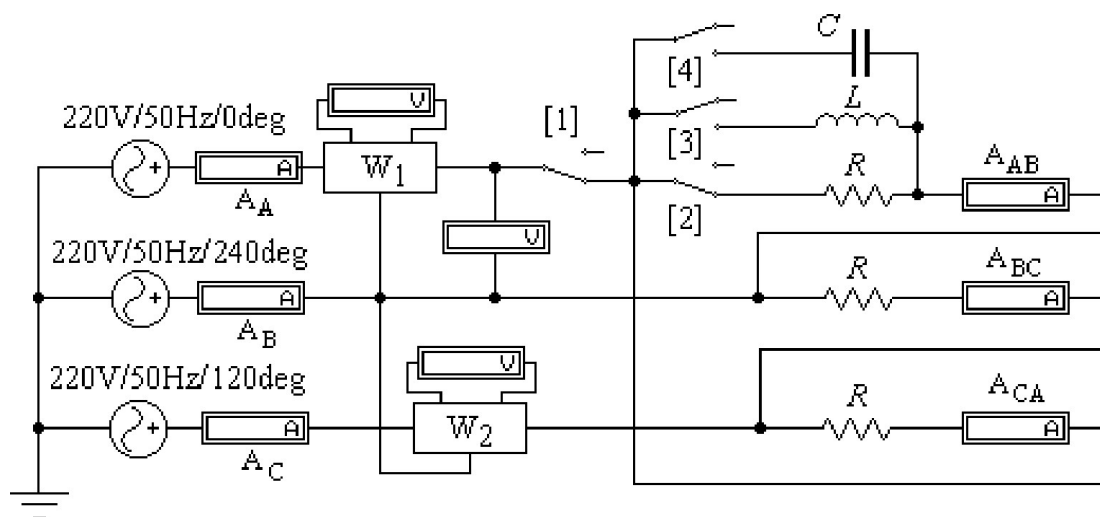


Рис. 9.2

Вольтметр  $V$  измеряет линейное напряжение, амперметры  $A_A$ ,  $A_B$ ,  $A_C$  – линейные токи, остальные – фазные токи. В качестве ваттметров используются приборы  $W_1$  и  $W_2$ , к выходным зажимам которых подключены вольтметры, чьи показания в вольтах численно равны показаниям ваттметров в ваттах. Сумма показаний этих приборов равна активной мощности цепи.

### Подготовка к работе

Проработав теоретический материал, ответить на вопросы и выполнить задания.

1. Что такое линейные и фазные токи? Какие уравнения связывают линейные и фазные токи а) несимметричной и б) симметричной цепи, соединенной треугольником.

2. На каком принципе основано действие индукционного фазоуказателя? Как с его помощью определить порядок чередования фаз.

3. Исходная диаграмма напряжений и токов для симметричного треугольника дана на рис. 9.3:

- а) как деформируется диаграмма токов в случае обрыва фазы  $AB$ ?  
 б) во что «выродится» диаграмма токов при обрыве линейного провода  $A$ ?

Изобразить качественные диаграммы токов для случаев а) и б).

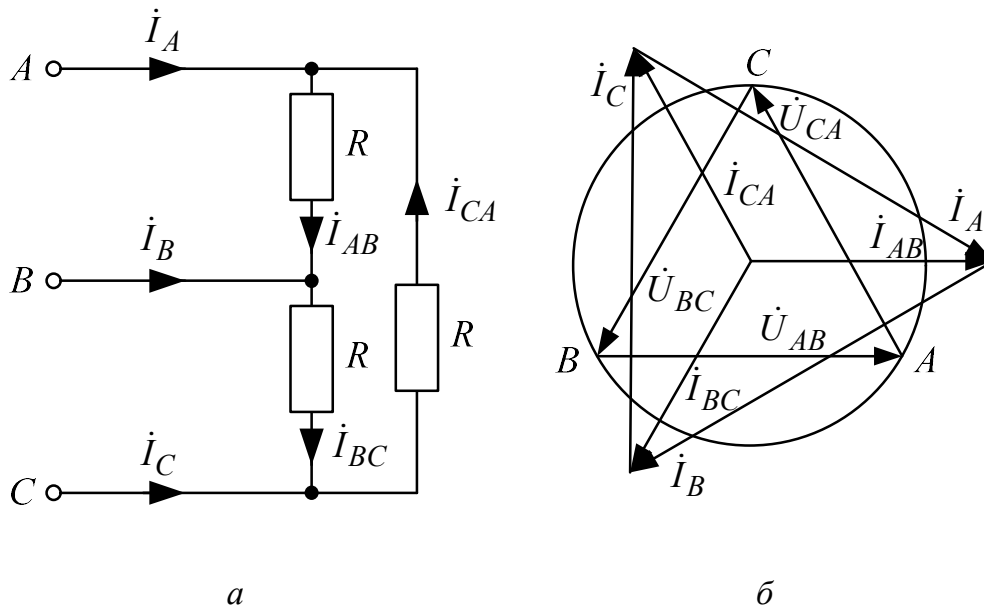


Рис. 9.3

### Программа работы

1. Открыть файл  $LW9$  и извлечь из поля вспомогательных компонентов *Favorites* две подсхемы (*Subcircuit*) *Wattmeter* (на рис. 9.2 –  $W_1$  и  $W_2$ ). Собрать остальную часть схемы, показанной на рис. 9.2, и установить ее параметры согласно табл. 9.1 в соответствии со своим вариантом схемы.

Таблица 9.1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E$ (В)	380	220	127	380	220	127	380	220	127	380
$R$ (Ом)	200	150	100	250	200	150	300	250	200	150
$L$ (мГн)	0,64	0,48	0,32	0,8	0,64	0,48	0,95	0,8	0,64	0,48
$C$ (мкФ)	16	21,2	31,8	12,7	16	21,2	10,6	12,7	16	21,2

2. Снять показания приборов в симметричном режиме (замкнуты ключи  $K_1, K_2$ , разомкнуты  $K_3, K_4$ ) и подсчитать отношение  $I_L/I_\Phi$ . Вычислить также активную мощность  $P = 3U_\Phi I_\Phi$  ( $\cos\varphi=1$  для активной нагрузки).

3. Исследовать несимметричную цепь в следующих режимах:

а) уменьшение активной нагрузки в фазе  $AB$ , для чего сопротивление в этой фазе следует увеличить вдвое по сравнению с его табличным значением

б) увеличение активной нагрузки в фазе  $AB$ , для чего сопротивление в этой фазе следует уменьшить вдвое по сравнению с его табличным значением;

в) отключение нагрузки в фазе  $AB$ , для чего нужно разомкнуть ключи  $K_2, K_3, K_4$ ;

г) включение индуктивности в фазу  $AB$ , для чего необходимо при замкнутых ключах  $K_1, K_3$ , разомкнуть ключи  $K_2, K_4$ ;

д) включение емкости в фазу  $AB$  (при замкнутых ключах  $K_1, K_4$ , разомкнуть ключи  $K_2, K_3$ );

е) обрыв линейного провода  $A$ , для чего следует разомкнуть ключ  $K_1$  при одинаковых активных сопротивлениях нагрузки всех трех фаз.

Результаты всех измерений (пп. 2, 3) внести в табл. 9.2. Туда же внести значения активной мощности цепи, подсчитанной как по закону Джоуля – Ленца ( $P = \sum I^2 R$ ), так и суммированием показаний ваттметров ( $P = P_1 + P_2$ ).

4. Построить топографические диаграммы напряжений, совмещенных с лучевыми диаграммами токов для всех режимов.

*Указание.* Всего 5 диаграмм, построение каждой из которых следует начинать с неизменного для всех диаграмм равностороннего треугольника линейных напряжений. Лучевые диаграммы фазных токов удобно строить из центра тяжести этого треугольника. Если соединить концы векторов фазных токов, то должен получиться треугольник линейных токов (например,  $\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$ ).

5. Проанализировать диаграммы и сформулировать выводы по работе.

Таблица 9.2

$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_{AB}$	$I_{BC}$	$I_{CA}$	$P_1$	$P_2$	$P_{оп}$	$P_{расч}$	Характер нагрузки в фазе $AB$
<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>Вт</b>	<b>Вт</b>	<b>Вт</b>	<b>Вт</b>	
										Симметричная а) ... е)

## Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Схема электрической цепи.
3. Ответы на вопросы подготовки к работе.
4. Основные соотношения.
5. Табл. 9.2. Векторные диаграммы по данным к табл. 9.2.
6. Графики зависимостей  $U_A$  и  $U_N$  от тока фазы  $A$ .
7. Выводы.